

Helsinki 12.10.98

ETUOIKEUSTODISTUS  
PRIORITY DOCUMENT

REC'D 30 OCT 1998

WIPO

PCT



Hakija  
Applicant

VTT  
Espoo

Patenttihakemus nro  
Patent application no

973677

Tekemispäivä  
Filing date

12.09.97

Kansainvälinen luokka  
International class

G 10K

Keksinnön nimitys  
Title of invention

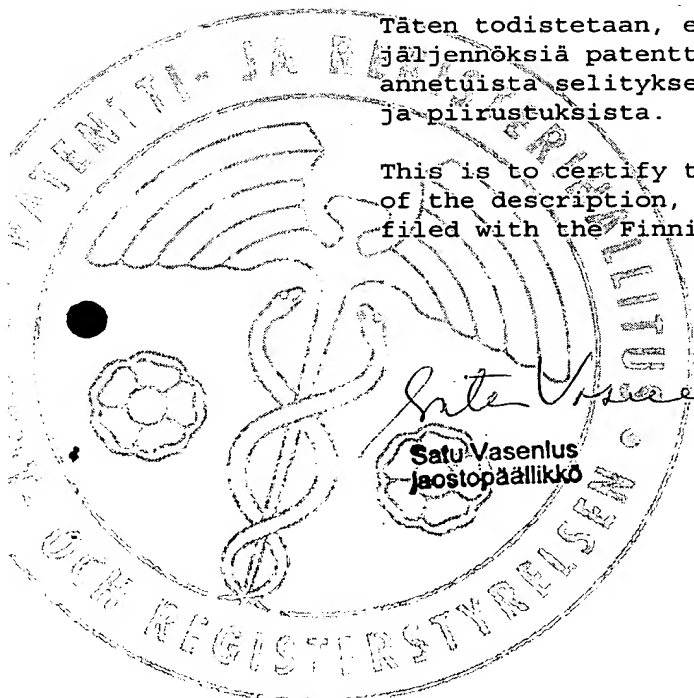
"Menetelmä ja laitteisto äänen vaimentamiseksi putkessa"

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.



BEST AVAILABLE COPY

Maksu 220,- mk  
Fee 220,- FIM

Osoite: Arkadiankatu 6 A  
Address: P.O.Box 1160  
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

Puhelin: 09 6939 500  
Telephone: + 358 9 6939 500

Telefax: 09 6939 5204  
Telefax: + 358 9 6939 5204

## Menetelmä ja laitteisto äänen vaimentamiseksi putkessa

Keksinnön kohteena on menetelmä äänen vaimentamiseksi putkessa, missä menetelmässä vaimennettava ääni ilmaistaan detektorilla ja ääntä vaimennetaan kahdella peräkkäisellä aktuaattorielementillä.

Edelleen keksinnön kohteena on laitteisto äänen vaimentamiseksi putkessa, mihin laitteistoon kuuluu detektori vaimennettavan äänen ilmaisemiseksi ja kaksi peräkkäistä aktuaattorielementtiä ääntä vaimentavan vastaaänen tuottamiseksi.

Äänen vaimentamiseksi putkistossa on esitetty esimerkiksi niin sanottu Swinbanksin menetelmä. Kyseisessä menetelmässä tuotetaan vaimenusääni kahdella peräkkäisellä elementillä. Kummallakin elementillä tuotetaan amplitudiltaan yhtä suuri tilavuusnopeus, mutta tilavuusnopeuksien vaiheet ovat vastakkaiset. Edelleen vaimennettavan äänen kulkusuunnassa ensimmäisenä olevaan elementtiin aiheutetaan elementtien väliseen etäisyyteen verrannollinen viive. Tällöin saadaan aikaan yksisuuntainen säteilevä elementti eli ei aiheudu akustista takaisinkytkentää vaimennettavaa ääntä mittaavaan detektoriin vaan saadaan aikaan ainoastaan vaimennettavan äänilähteen ääntä eteenpäin vaimentava signaali. Eri elementtien kanavien välisen viiveen digitaalinen realisointi varaa kuitenkin paljon signaalinkäsittelyresursseja, jolloin käytettävän laitteiston kapasiteetti täytyy olla erittäin suuri ja/tai prosessointiaika tulee haitallisen pitkäksi.

Tämän keksinnön tarkoituksena on saada aikaan menetelmä ja laitteisto, joilla pystytään saavuttamaan edellä mainitun menetelmän edut, mutta välttämään edellä mainittuja haittoja.

Keksinnön mukaiselle menetelmälle on tunnusomaista se, että ääntä vaimennetaan kahden peräkkäisen monopolielementin avulla siten, että molemmat elementit toimivat sekä dipoliaprosimaationa että tuottavat tarvittavan monopolisäteilyn, jolloin dipolin ohjaussignaali syötetään kummallekin elementille  $180^\circ$ :n keskinäisellä vaihe-erolla ja monopolin ohjaussignaali syötetään elementeille keskenään samanvaiheisena.

Edelleen keksinnön mukaiselle laitteistolle on tunnusomaista se, että aktuaattorielementit ovat monopolielementtejä, jotka on sovitettu toimimaan sekä dipoliaprosimaationa että tuottamaan tarvittava monopolisäteily ja että laitteisto sisältää välineet dipolin ohjaussignaalin syöttämiseksi kummallekin

elementille  $180^\circ$ :n keskinäisellä vaihe-erolla ja monopolin ohjaussignaalin syöttämiseksi elementeille keskenään samanvaiheisena.

Keksinnön olennainen ajatus on, että ääntä vaimennetaan kahden peräkkäisen monopolielementin avulla siten, että molemmat elementit toimivat sekä dipoliaprosimaationa että samalla tavalla tarvittava monopolisäteily tuotetaan aproksimatiivisesti niiden avulla. Dipolin ohjaussignaali syötetään kummallekin elementille  $180^\circ$ :n keskinäisellä vaihe-erolla. Lisäksi monopolin ohjaussignaali syötetään samoille elementeille, mutta nyt keskenään samanvaiheisena. Kummankin elementin tuottamat kokonaistilavuusnopeudet ovat kombinaatioita monopolin ja dipolilähteiden osuuksista. Erään edullisen sovellutusmuodon ajatuksena on, että ohjaussignaalit tarkennetaan sopivilla ohjausfunktioilla.

Keksinnön etuna on, että laitteistolla ei synny aktuaattorin ja detektorin välistä akustista takaisinkytkentää, koska laitteisto tuottaa yksisuuntaisen signaalin. Edelleen laitteisto on yksinkertainen ja laitteiston ohjausjärjestelmässä ei ole eri elementtien kanavien välillä viivettä, joten laitteistoa käytettäessä on mahdollista käyttää yksinkertaisia algoritmeja ja lyhyitä prosessointiaikoja suorituskyvyn ollessa samalla erittäin hyvä. Käyttämällä ohjausfunktioita ohjaussignaalien tarkentamiseen ja korjaamiseen saadaan järjestelmä toimimaan lähes ideaalisesti myös korkeammilla taajuuksilla.

Termillä putki tarkoitetaan tämän hakemuksen yhteydessä esimerkiksi putkea tai kanavaa tai vastaavaa rakennetta, missä riittävän alhaisella taajuudella ääni etenee olennaisesti ainoastaan kahteen suuntaan.

Keksintöä selitetään tarkemmin oheisissa piirustuksissa, joissa kuvio 1 esittää kaavamaisesti erästä keksinnön mukaista laitteistoa sivultapäin katsottuna ja poikkileikkauksena, kuvio 2 esittää kaaviota keksinnön mukaisesta ohjausjärjestelmästä, kuvio 3 esittää erästä dipoliosan ohjausfunktioita ja kuvio 4 esittää erästä monopoliosan ohjausfunktioita.

Kuviossa 1 on esitetty putki 1. Putkessa 1 esiintyvää äänilähteen aiheuttamaan ääntä on kuvattu nuolella A. Kohtaan  $x = -L$  on sovitettu detektor 2, jonka avulla äänilähteen aiheuttama ääni ilmaistaan. Äänen kulkusuunnassa detektorin 2 jälkeen on sovitettu ensimmäinen aktuaattorielementti 3 kohtaan  $x = -d/2$  ja sen perään toinen aktuaattorielementti 4 kohtaan  $x = +d/2$  siten, että aktuaattorielementit 3 ja 4 ovat etäisyyden  $d$  päässä toisistaan. Aktuaattorielementit 3 ja 4 ovat monopolielementtejä, jolloin ne eivät häiritse väliaineen vir-

tausta putkessa 1. Edelleen kuviossa 1 on esitetty kaavamaisesti ohjausvälineet 5 aktuaattorielementtien 3 ja 4 ohjaamiseksi detektorista 2 saatavan signaalin perusteella.

5 Ensimmäinen aktuaattorielementti 3 tuottaa tilavuusnopeuden  $q_1$  ja toinen aktuaattorielementti 4 tuottaa tilavuusnopeuden  $q_2$ . Kumpikin aktuaattorielementti 3 ja 4 toimii dipoliaproksimaationa siten, että dipolin ohjaussignaali syötetään kummallekin elementille 3 ja 4  $180^\circ$ n keskinäisellä vaihe-erolla. Li-

10 säksi kummallekin elementille 3 ja 4 syötetään monopolin ohjaussignaali, mutta nyt keskenään samanvaiheisena. Elementtien 3 ja 4 tuottamat kokonaistilavuusnopeudet  $q_1$  ja  $q_2$  ovat kombinaatioita monopoli- ja dipolilähteiden osuuk-

sista.

Tilavuusnopeus  $q_i$  kuvaa äänilähteen tuottamaa ääntä kohdassa  $x = 0$  ja tilavuusnopeus  $q_i$  on verrannollinen alkuperäiseen äänenpaineeseen  $p_1$  siten, että

15

$$q_i = \frac{p_1 S}{\rho_0 c_0},$$

20 missä  $S$  on putken poikkileikkauksen pinta-ala,  $\rho_0$  on levossa olevan väliaineen tiheys ja  $c_0$  on äänen nopeus väliaineessa.

Aktuaattorielementtien 3 ja 4 ohjaussignaali eli niiden tuottamat kokonaistilavuusnopeudet ovat

25

$$q_1 = \frac{1}{2}(1/jkd - \frac{1}{2})q_i, \quad x = -d/2$$

ja

30

$$q_2 = -\frac{1}{2}(1/jkd + \frac{1}{2})q_i, \quad x = +d/2,$$

missä

$j$  on imaginääriyksikkö,

$k$  on aaltoluku  $= \omega/c_0$ ,

$\omega$  on kulmataajuus,

35

$c_0$  on äänen nopeus väliaineessa ja

$q_i$  on kohdassa  $x = 0$  oleva alkuperäinen vaimennettava äänenpaine skaalattuna tilavuusnopeussuureeksi.

5 Tilavuusnopeuksien esityksissä ensimmäiset osat liittyvät dipolisäteilyyn ja jälkimmäiset monopolisäteilyyn.

Edellä esitetyt kokonaistilavuusnopeudet vaimentavat äänilähteen tuottaman äänen sen kulkusuuntaan eivätkä aktuaattorielementit 3 ja 4 säteile äänilähteen äänensuuntaa vastaan. Kuitenkin korkeammilla taajuuksilla järjestelmä ei toimi ideaalisesti johtuen monopoli ja dipolisäteilyn toteutuksen aproksimatiivisesta luonteesta. Aproksimaatioiden tuottamat virheet voidaan kompensoida sopivilla ohjausfunktioilla. Merkitsemällä suureella  $a$  dipolin ohjausfunktioita ja suureella  $b$  monopolin ohjausfunktioita saadaan kokonaistilavuusnopeudet seuraavanlaisesti:

15 
$$q_1 = \frac{1}{2}(a/jkd - b/2)q_i, x = -d/2$$

ja

20 
$$q_2 = -\frac{1}{2}(a/jkd + b/2)q_i, x = +d/2.$$

Aktuaattorielementtien 3 ja 4 ohjausjärjestelmä on esitetty kaaviona kuviossa 2. Kuviossa 2 suure  $q_L$  viittaa detektorin 2 mittaamaan signaaliin skaalattuna tilavuusnopeussuureeksi ja viive  $\tau_L$  on aika, jonka ääni tarvitsee edetäkseen detektorin kohdalta  $x = -L$  aktuaattorijärjestelmän keskipisteeseen  $x = 0$  eli  $\tau_L = L/c_0$ , missä  $c_0$  on äänen nopeus väliaineessa. Kyseinen viive voidaan estimoita ja implementoida adaptiivisella suotimella. Kuvion 2 suoritusmuodossa imaginääriyksikkö  $j$  on korvattu integraattorilla, jolloin pystytään välttämään aikaisemmin tarvittu  $90^\circ$ :n vaihesiirto ja samoin välttämään ohjausfunktion singulaarisuus taajuudella 0.

30 Aproksimaatioiden tuottamat virheet voidaan korjata esimerkiksi siten, että dipoliosan ohjausfunktio on

35 
$$a = \frac{kd/2}{\sin(kd/2)}$$

ja monopoliosan ohjausfunktio on

$$b = \frac{1}{\cos(kd/2)}.$$

5

Dipoliosan ohjausfunktion a kuvaaja on esitetty kuviossa 3 ja monopoliosan ohjausfunktion b kuvaaja on esitetty kuviossa 4. Kuvioissa 3 ja 4 suure  $\lambda$  tarkoittaa aallon pituutta. Monopoliohjaus on singulaarinen, kun  $d = \lambda/2$ . Täten käytettävissä oleva jatkuva taajuusalue rajoittuu kyseistä aallonpituutta vastaavaan taajuuteen.

10

Piirustukset ja niihin liittyvä selitys on tarkoitettu vain havainnollistamaan keksinnön ajatusta. Yksityiskohdiltaan keksintö voi vaihdella patenttiväitösten puitteissa. Niinpä keksinnön mukaista järjestelyä voidaan käyttää myös detektoritoteutuksessa. Ideaalisimmin keksinnön mukainen järjestely toimii silloin, kun taajuus on riittävän alhainen siten, että putkessa etenee ainoastaan tasoaaltomuoto. Edullisimmin putki on riittävän pitkä, etteivät putken päistä tulevat heijastukset vaikuta lopputulokseen. Edelleen putki on edullisimmin niin kovaseinäinen, että putken seinämän impedanssia ei tarvitse ottaa huomioon. Vielä edullisimmin putkessa oleva väliaine on homogeenista ja virtaamatonta siten, että äänen nopeus on putken joka kohdassa yhtä suuri ja riippumaton äänen kulkusuunnasta. Vielä edullisimmin väliaine on niin ideaalista, että viskositeetti tai lämpöhäviöt eivät vaikuta lopputulokseen.

15

20

# Patenttivaatimukset

1. Menetelmä äänen vaimentamiseksi putkessa, missä menetelmässä vaimennettava ääni ilmaistaan detektorilla (2) ja ääntä vaimennetaan kahdella peräkkäisellä aktuaattorielementillä (3, 4), t u n n e t t u siitä, että ääntä vaimennetaan kahden peräkkäisen monopolielementin (3, 4) avulla siten, että molemmat elementit (3, 4) toimivat sekä dipoliaproksimaationa että tuottavat tarvittavan monopolisäteilyn, jolloin dipolin ohjaussignaali syötetään kummallekin elementille (3, 4) 180°:n keskinäisellä vaihe-erolla ja monopolin ohjaussignaali syötetään elementeille (3, 4) keskenään samanvaiheisena.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että ensimmäisen aktuaattorielementin (3) ohjaussignaali on

$$q_1 = \frac{1}{2}(a/jkd - b/2)q_i,$$

ja toisen aktuaattorielementin (4) ohjaussignaali on

$$q_2 = -\frac{1}{2}(a/jkd + b/2)q_i,$$

missä

j on imaginääriyksikkö,

k on aaltoluku =  $\omega/c_0$ ,

$\omega$  on kulmataajuus,

$c_0$  äänennopeus väliaineessa,

d on aktuaattorielementtien (3, 4) välinen etäisyys,

$q_i$  on aktuaattorielementtien (3, 4) keskikohdassa oleva vaimennettava äänenpaine skaalattuna tilavuusnopeussuureeksi,

a on vakio tai dipoliosan ohjausfunktio ja

b on vakio tai monopoliosan ohjausfunktio.

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että a on dipoliosan ohjausfunktio ja b on monopoliosan funktio siten, että

$$a = \frac{kd/2}{\sin(kd/2)}$$

ja

$$b = \frac{1}{\cos(kd/2)}.$$

4. Patenttivaatimuksen 2 tai 3 mukainen menetelmä, t u n n e t t u

siitä, että elementtien ohjaussignaaleissa ( $q_1$ ,  $q_2$ ) imaginääriyksikön vaikutus määritetään integraattorin avulla.

5 5. Laitteisto äänen vaimentamiseksi putkessa, mihin laitteistoon kuuluu detektori (2) vaimennettavan äänen ilmaisemiseksi ja kaksi peräkkäistä aktuaattorielementtiä (3, 4) ääntä vaimentavan vastaäänän tuottamiseksi, t u n n e t t u siitä, että aktuaattorielementit (3, 4) ovat monopolielementtejä, jotka on sovitettu toimimaan sekä dipoliaproksimaationa että tuottamaan tarvittava monopolisäteily ja että laitteisto sisältää välineet dipolin ohjaussignaalin syöttämiseksi kummallekin elementille (3, 4)  $180^\circ$ :n keskinäisellä vaihe-erolla ja monopolin ohjaussignaalin syöttämiseksi elementeille (3, 4) keskenään samanvaiheisena.

6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen laitteisto, t u n n e t t u siitä, että ensimmäisen aktuaattorielementin (3) ohjaussignaali on

$$q_1 = \frac{1}{2}(a/jkd - b/2)q_i,$$

15 ja toisen aktuaattorielementin (4) ohjaussignaali on

$$q_2 = -\frac{1}{2}(a/jkd + b/2)q_i,$$

missä

j on imaginääriyksikkö,

k on aaltoluku  $= \omega/c_0$ ,

20  $\omega$  on kulmataajuus,

$c_0$  äänennopeus väliaineessa,

d on aktuaattorielementtien (3, 4) välinen etäisyys,

25  $q_i$  on aktuaattorielementtien (3, 4) keskikohdassa oleva vaimennettava äänenpaine skaalattuna tilavuusnopeussuureeksi,

a on vakio tai dipoliosan ohjausfunktio ja

b on vakio tai monopoliosan ohjausfunktio.

7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen laitteisto, t u n n e t t u siitä, että a on dipoliosan ohjausfunktio ja b on monopoliosan funktio siten, että

$$30 \quad a = \frac{kd/2}{\sin(kd/2)}$$

ja

$$35 \quad b = \frac{1}{\cos(kd/2)}.$$

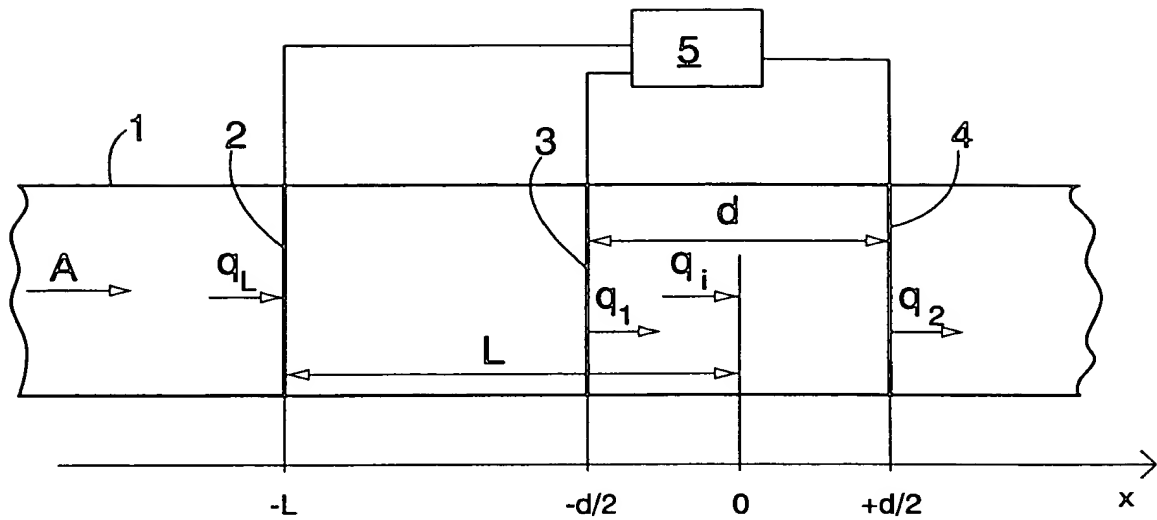


## (57) Tiivistelmä

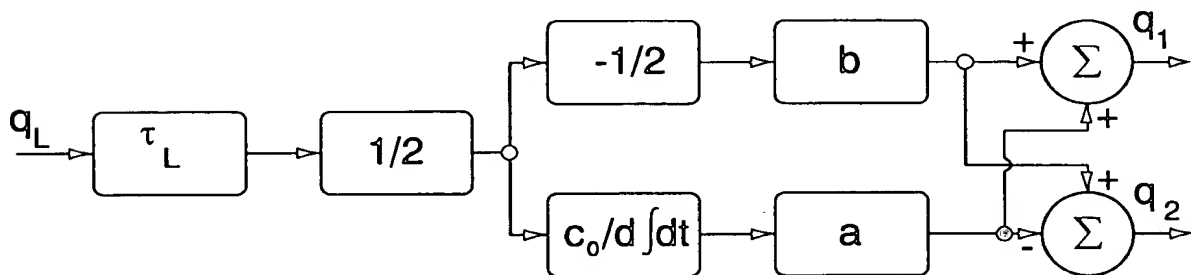
Keksinnön kohteena on menetelmä ja laitteisto äänen vaimentamiseksi putkessa.

Putkessa kulkeva ääni ilmaistaan detektorilla ja ääntä vaimennetaan kahden peräkkäisen monopolielementin avulla siten, että molemmat elementit toimivat sekä dipoliaproksimaationa että samalla tarvittava monopolisäteily tuotetaan aproksimatiivisesti niiden avulla. Dipolin ohjaussignaali syötetään kummallekin elementille  $180^\circ$ :n keskinäisellä vaihe-erolla. Lisäksi monopolin ohjaussignaali syötetään samoille elementeille, mutta nyt keskenään samenvaiheisena. Kummankin elementin tuottamat kokonaistilavuusnopeudet ovat kombinaatioita monopoli- ja dipolilähteiden osuuksista.

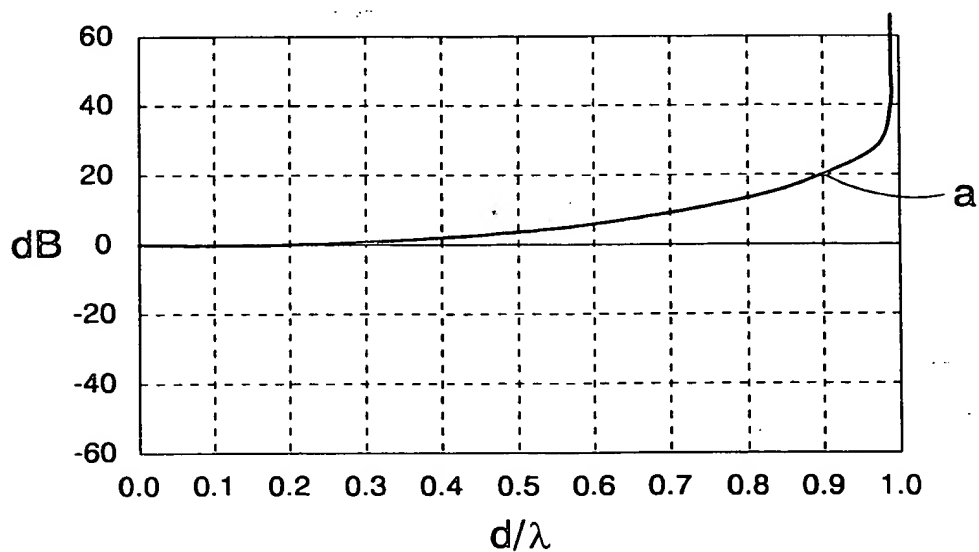
(Kuvio 1)



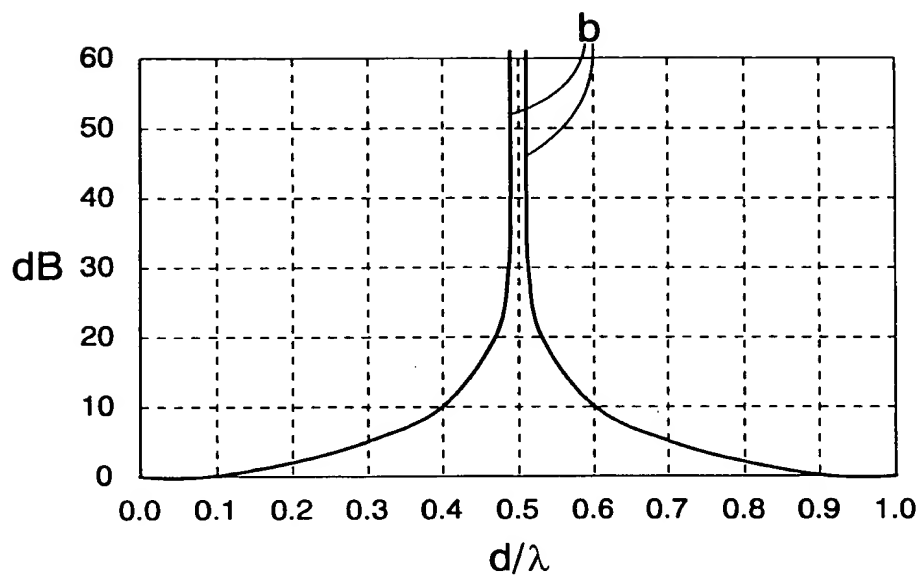
KUV. 1



KUV. 2



KUV. 3



KUV. 4

BEST AVAILABLE COPY

**THIS PAGE BLANK (USPTO**